



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **17 MARS 2004**

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

**INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE**

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*03

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 1/2****BR1**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 210502

REMISE DES PIÈCES DATE 18 FEV 2003 LIEU 75 INPI PARIS B N° D'ENREGISTREMENT 0301978 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 18 FEV. 2003 PAR L'INPI		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE CABINET PLASSERAUD 84, rue d'Amsterdam 75440 PARIS CEDEX 09	
Vos références pour ce dossier <i>(facultatif)</i> SV/PHB/NC/BFF020400			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date _____			
<i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date _____			
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date _____			
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCEDE DE FABRICATION D'UN CIRCUIT ELECTRONIQUE INTEGRE INCORPORANT DES CAVITES			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		STMICROELECTRONICS SA	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		341459386	
Code APE-NAF			
Domicile ou siège	Rue	29, Boulevard Romain Rolland 92120 MONTROUGE	
	Code postal et ville	FRANCE	
	Pays	Française	
Nationalité			
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		N° de télécopie <i>(facultatif)</i>	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
		<input checked="" type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 1.1.1.



REMISE DES PIÈCES DATE 18 FEV 2003 LIEU 75 INPI PARIS B N° D'ENREGISTREMENT 0301978 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire	
Vos références pour ce dossier (facultatif)		SV/PHB/NC/BFF020400	
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale Prénoms Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF		KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V. _____ _____ _____ _____	
Domicile ou siège Rue Code postal et ville Pays Nationalité		Groenewoudseweg 1 5621 BA EINDHOVEN THE NETHERLANDS PAYS-BAS Néerlandaise	
N° de téléphone (facultatif) N° de télécopie (facultatif) Adresse électronique (facultatif)		_____ _____ _____	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale Prénoms Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF		_____ _____ _____ _____ _____	
Domicile ou siège Rue Code postal et ville Pays Nationalité		_____ _____ _____ _____ _____	
N° de téléphone (facultatif) N° de télécopie (facultatif) Adresse électronique (facultatif)		_____ _____ _____	
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI	
Stéphane VERDURE CPI N° 97-0901			

PROCEDE DE FABRICATION D'UN CIRCUIT ELECTRONIQUE INTEGRE INCORPORANT DES CAVITES

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un circuit électronique intégré qui incorpore des cavités (désignées par «air gap» en anglais) disposées entre certains éléments d'interconnexion.

Un circuit électronique intégré comprend d'une part des éléments réalisés par implantation ionique dans un substrat semiconducteur, tels que des diodes ou des transistors, et d'autre part des éléments métalliques répartis dans des couches de matériaux isolants qui sont disposées au dessus du substrat. Six à huit couches de matériaux isolants peuvent être superposées. Les éléments métalliques sont en général des interconnexions reliant électriquement les éléments réalisés par implantation ionique dans le substrat. Ils peuvent être aussi des condensateurs, des bobines, ou inductances, ou encore des antennes. Ils sont généralement réalisés selon la méthode damascene, ou selon sa variante double damascene («dual damascene» en anglais), connue de l'Homme du métier.

Le comportement électrique des éléments métalliques peut être perturbé par des couplages électrostatiques ou électromagnétiques qui apparaissent entre ces éléments métalliques lorsque ceux-ci sont disposés d'une façon particulièrement rapprochée les uns des autres. Ces couplages sont d'autant plus importants que le niveau d'intégration du circuit électronique augmente. Ceux de ces couplages qui sont de nature électrostatique peuvent être assimilés à des capacités parasites intervenant entre des parties voisines d'éléments métalliques différents. Ceci est notamment le cas lorsque le circuit électronique intégré présente un pas de motif (ou «pitch» dans le jargon de l'Homme du métier) inférieur à 5 micromètres.

Il est connu de réduire les couplages électrostatiques en introduisant un matériau isolant à faible permittivité diélectrique dans les couches au sein desquelles s'étendent les éléments métalliques, entre lesdits éléments métalliques. Ainsi, des couches de polymères et des couches de matériaux poreux ont été utilisées, qui présentent des permittivités diélectriques relatives

de l'ordre de 2,2 à 2,5. Mais la réduction des couplages électrostatiques qui en résulte est limitée, et insuffisante par rapport au niveau d'intégration des circuits électroniques actuellement visé.

Il est aussi connu d'introduire des cavités entre des éléments
5 métalliques voisins pour réduire ces couplages. Pour cela, après la réalisation d'une couche de matériau isolant et des éléments métalliques dans cette couche, un masque dur est déposé sur la couche, qui comporte des ouvertures au droit de certains des espaces de séparation des éléments métalliques. Le matériau isolant est alors gravé par lesdites ouvertures, pour former des
10 tranchées. Une couche supérieure est ensuite déposée sur la couche de matériau isolant et dans les tranchées, de façon à fermer les tranchées sans les combler. Les cavités ainsi formées sont généralement de dimensions réduites. En particulier, des parties de matériau isolant restent entre les éléments métalliques. De plus, un tel procédé nécessite un masque de
15 lithographie spécifique, de haute définition, donc onéreux. Il nécessite aussi un alignement précis de ce masque de lithographie par rapport au substrat du circuit électronique intégré.

Il est encore connu de réaliser les éléments métalliques au sein d'une couche de matériau sacrificiel, de continuer la réalisation du circuit par le dépôt
20 de couches supplémentaires de matériau isolant au dessus de la couche de matériau sacrificiel, qui peuvent aussi incorporer des éléments métalliques, puis de retirer la couche de matériau sacrificiel. Les couches supplémentaires et les éléments métalliques qu'elles incorporent ne sont alors plus reliés au substrat du circuit électronique que par les éléments métalliques réalisés
25 initialement dans la couche de matériau sacrificiel. Le circuit électronique intégré manque alors de cohésion ou de robustesse mécanique.

Un but de la présente invention consiste à proposer un procédé de fabrication d'un circuit électronique intégré dans lequel les couplages électrostatiques et/ou électromagnétiques mentionnés ci-dessus sont diminués,
30 et qui ne présente pas les inconvénients cités.

L'invention concerne un procédé de fabrication d'un circuit électronique intégré, suivant lequel on forme au moins une cavité entre des éléments

d'interconnexion au dessus d'une portion déterminée seulement d'une surface d'un substrat, à l'intérieur d'une couche d'interconnexion. La couche d'interconnexion comprend un matériau sacrificiel et s'étend au dessous d'une couche intermédiaire de matériau perméable. La cavité est formée par retrait,
5 au travers de la couche intermédiaire, d'une partie au moins du matériau sacrificiel, en mettant le matériau perméable en contact avec un agent de retrait du matériau sacrificiel, auquel le matériau perméable est résistant.

On entend par matériau perméable, dans le cadre de l'invention, un matériau qui peut être traversé par l'agent de retrait du matériau sacrificiel sans
10 présenter de fracture ni de décollement. Un tel matériau peut, en particulier, être poreux.

Les éléments d'interconnexion sont, à l'issue du procédé, séparés par la cavité, c'est-à-dire par un volume qui ne contient pas de matériau dense. Les éléments d'interconnexion peuvent être, par exemple, des lignes conductrices
15 électriques ou des bobines, mais aussi des parties de condensateurs, des antennes intégrées, etc, disposées sensiblement parallèlement à la surface du substrat.

Un premier avantage de l'invention réside dans le fait que la cavité présente alors une permittivité diélectrique relative sensiblement égale à 1.
20 Cette valeur de permittivité diélectrique relative correspond à la réduction maximale possible des couplages électrostatiques entre les éléments d'interconnexion, pour une disposition déterminée de ces éléments.

Un second avantage de l'invention réside dans le fait que, à l'issue du procédé, le circuit électronique intégré peut toutefois présenter une robustesse
25 mécanique satisfaisante. Cette robustesse résulte du fait que la couche intermédiaire de matériau perméable reste reliée au substrat non seulement par les éléments d'interconnexion mais aussi par les parties de la couche d'interconnexion non retirées.

Selon un mode de mise en œuvre de l'invention, la partie de matériau sacrificiel retirée est limitée, selon une direction parallèle à la surface du
30 substrat, par une partie de la couche d'interconnexion formée d'un matériau résistant à l'agent de retrait. Le procédé peut comprendre alors les étapes

suivantes :

- a) on forme une première partie de la couche d'interconnexion avec un matériau permanent en dehors de ladite portion de la surface du substrat ;
- 5 b) on forme une seconde partie de la couche d'interconnexion avec le matériau sacrificiel au niveau de ladite portion de la surface du substrat ;
- c) on forme les éléments d'interconnexion au sein de la seconde partie de la couche d'interconnexion ;
- 10 d) on dépose la couche intermédiaire du matériau perméable sur la couche d'interconnexion au moins au dessus de ladite portion de la surface du substrat, et
- e) on retire la totalité du matériau sacrificiel de la couche d'interconnexion au travers de la couche intermédiaire.

15 Selon une variante de ce premier mode de mise en œuvre de l'invention, l'étape b) de formation de la seconde partie de la couche d'interconnexion peut être effectuée avant l'étape a) de formation de la première partie de la couche d'interconnexion.

20 Selon ce mode de mise en œuvre, la couche intermédiaire reste reliée au substrat par la première partie de la couche d'interconnexion, en matériau permanent. Eventuellement, le matériau permanent peut être identique au matériau perméable de la couche intermédiaire.

25 Eventuellement, l'étape a) de formation de la première partie de la couche d'interconnexion, l'étape b) de formation de la seconde partie de la couche d'interconnexion, l'étape c) de formation des éléments d'interconnexion et l'étape d) de dépôt de la couche intermédiaire peuvent être répétées plusieurs fois avant l'étape e) de retrait du matériau sacrificiel, de façon à former, au dessus de la surface du substrat, un empilement comprenant plusieurs couches d'interconnexion séparées par des couches intermédiaires

30 de matériau perméable. Chaque couche d'interconnexion comprend une couche de matériau sacrificiel au dessus d'une portion respective de la surface

du substrat. Lors de l'étape e) de retrait du matériau sacrificiel, on retire le matériau sacrificiel des couches d'interconnexion en mettant le matériau perméable des couches intermédiaires en contact avec l'agent de retrait du matériau sacrificiel, de façon à former des cavités respectives dans chacune
5 des couches d'interconnexion.

Selon un autre mode de mise en œuvre de l'invention, la partie de matériau sacrificiel retirée est sélectivement déterminée par un masque étanche à l'agent de retrait disposé au dessus de la couche intermédiaire et comportant au moins une ouverture au niveau de ladite portion de la surface du
10 substrat. La couche intermédiaire reste alors reliée au substrat après l'étape e) par une partie restante (c'est-à-dire non retirée) du matériau sacrificiel. Le procédé peut alors comprendre les étapes suivantes :

- a) on forme la couche d'interconnexion avec le matériau sacrificiel sur la surface du substrat, au niveau de et en dehors de ladite portion ;
- 15 b) on forme les éléments d'interconnexion au sein de la couche d'interconnexion au dessus de ladite portion de la surface du substrat ;
- c) on dépose une couche intermédiaire du matériau perméable sur la couche d'interconnexion, au niveau de et en dehors de ladite portion
20 de la surface du substrat ;
- d) on forme un masque étanche à l'agent de retrait du matériau sacrificiel au dessus de la couche intermédiaire, le masque comportant une ouverture correspondant à ladite portion de la surface du substrat, et
- e) on retire sélectivement une partie du matériau sacrificiel de la couche
25 d'interconnexion au travers de la couche intermédiaire, la partie de matériau sacrificiel sélectivement retirée étant limitée par le masque selon une direction parallèle à la surface du substrat.

Eventuellement, l'étape a) de formation de la couche d'interconnexion, l'étape b) de formation des éléments d'interconnexion et l'étape c) de dépôt de
30 la couche intermédiaire selon ce mode de mise en œuvre sont répétées plusieurs fois avant l'étape d) de formation du masque, de façon à former, au

dessus de la surface du substrat, un empilement comprenant plusieurs couches d'interconnexion séparées par des couches intermédiaires de matériau perméable. Lors de l'étape e) de retrait du matériau sacrificiel, on retire sélectivement une partie du matériau sacrificiel des couches d'interconnexion en mettant, par l'ouverture du masque, le matériau perméable des couches intermédiaires en contact avec l'agent de retrait du matériau sacrificiel, de façon à former des cavités respectives dans chacune des couches d'interconnexion.

L'invention concerne aussi un circuit électronique intégré comprenant :

- a) une couche d'interconnexion comprenant une partie d'un premier matériau recouvrant une surface d'un substrat en dehors d'une portion déterminée de la surface du substrat, des éléments d'interconnexion situés au dessus de ladite portion de la surface du substrat, et au moins une cavité située entre les éléments d'interconnexion dans ladite portion de la surface du substrat, et
- b) une couche intermédiaire d'un matériau perméable disposée au dessus de la couche d'interconnexion.

Eventuellement, le circuit peut comprendre en outre des contacts électriques selon une direction sensiblement perpendiculaire à la surface du substrat disposés au sein de la couche intermédiaire.

D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description ci-après de trois exemples de mise en œuvre non limitatifs, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- les figures 1-a à 1-f illustrent différentes étapes d'un premier mode de mise en œuvre du procédé de l'invention ;
- les figures 2-a à 2-d illustrent différentes étapes d'un deuxième mode de mise en œuvre du procédé de l'invention ;
- les figures 3-a et 3-b illustrent différentes étapes d'un troisième mode de mise en œuvre du procédé de l'invention.

Dans ces figures, pour raison de clarté, les dimensions des différentes parties de circuit représentées ne sont pas en proportion avec leurs dimensions réelles. Toutes ces figures sont des vues en coupe d'un dispositif semiconducteur comprenant différents matériaux rapportés sur une surface sensiblement plane d'un substrat semiconducteur. Les vues en coupe sont considérées dans des plans perpendiculaires à la surface du substrat. Sur les figures, des références identiques correspondent à des éléments identiques. Le substrat est placé dans la partie inférieure de chaque figure et D désigne une direction perpendiculaire à la surface du substrat, orientée vers le haut des figures. Les termes «sur», «sous», «au dessus de», «au dessous de» et «supérieur» sont utilisés dans la suite en référence à la direction D.

Par ailleurs, dans ce qui suit, les étapes élémentaires de procédé effectuées selon des méthodes connues de l'Homme du métier ne sont pas exposées en détail. Des indications sont seulement données concernant la combinaison de ces étapes élémentaires selon un ordre chronologique d'exécution déterminé, qui caractérise l'invention.

Le premier mode de mise en œuvre correspond au cas où la partie de matériau sacrificiel retirée de la couche d'interconnexion est limitée, selon une direction parallèle à la surface du substrat, par un matériau permanent (i.e. résistant à l'agent de retrait).

Comme montré à la figure 1-a, un substrat 100 est recouvert d'une couche d'un matériau permanent 10, tel que le polymère connu sous l'appellation commerciale SiLK, distribué par Dow Chemical. On forme un masque M par lithographie, sur la couche 10, qui comporte une ouverture au dessus d'une portion P du substrat. La couche 10 est alors gravée à l'aide d'un plasma, formant un flux F de particules bombardant la surface découverte de la couche 10. Ce procédé de gravure sèche est désigné par «dry etching» dans le jargon de l'Homme du métier. Le masque M peut alors être retiré, en laissant intègre la partie de la couche 10 restante en dehors de la portion P du substrat 100.

On dépose alors une couche de matériau sacrificiel (i.e. non permanent) 1 tel que de la silice (SiO_2) sur la portion P du substrat 100, jusqu'au niveau supérieur de la couche 10. Des éléments métalliques 11-13,

par exemple en cuivre, sont formés dans la couche 1, d'une façon connue de l'Homme du métier, par exemple en utilisant le procédé damascene. La configuration de la figure 1-b est alors obtenue. Les éléments métalliques 11-13 peuvent être, à titre d'exemple, des lignes sensiblement parallèles à la surface du substrat 100. Avantageusement, ils peuvent être recouverts d'une couche d'un premier matériau barrière sur leurs faces inférieures et sur leurs faces 111 parallèles à la direction D. Le premier matériau barrière peut être, de façon connue, du nitrure de titane (TiN) ou du nitrure de tantale (TaN). Les éléments métalliques 11-13 peuvent aussi être recouverts d'un second matériau barrière sur leurs faces supérieures 112, notamment lorsqu'ils sont en cuivre. Le second matériau barrière peut être, par exemple, un siliciure, éventuellement nitruré, ou un alliage de cobalt (Co), tungstène (W) et phosphore (P).

La partie restante de la couche 10 et la couche 1, avec les éléments métalliques 11-13, forment respectivement la première et la seconde partie d'une couche d'interconnexion du circuit électronique intégré.

Une couche 2 de matériau perméable, par exemple du SiLK, préférablement doté d'une structure à porosité ouverte, est formée sur le substrat 100, sur la couche 10 (en dehors de la portion P) et sur la couche 1 et les éléments métalliques 11-13 (dans la portion P). La couche 2 constitue ladite couche intermédiaire.

Selon une variante de ce premier mode de mise en œuvre, la couche 1 et les éléments métalliques 11-13 peuvent être d'abord formés dans la portion P du substrat 100, puis le matériau perméable SiLK est déposé sur tout le substrat 100, de façon à former en une unique étape de dépôt la couche 10 en dehors de la portion P et la couche 2 au dessus de l'ensemble du substrat 100. Un polissage est alors effectué de façon à obtenir une surface supérieure plane du matériau perméable. Selon cette variante, les couches 10 et 2 sont donc réalisées ensemble.

Dans les deux cas, on peut ensuite former des éléments métalliques 14 dans la couche 2. Les éléments 14 peuvent être disposés au dessus de certains des éléments 11-13, et constituer, par exemple, des interconnexions

verticales, aussi appelées contacts ou «vias», s'étendant sensiblement selon la direction D (figure 1-c). De même que les éléments 11-13, les éléments 14 peuvent éventuellement aussi comporter des couches de premier et/ou second matériau barrière sur leurs faces.

5 Les étapes précédentes de dépôt des couches 10, 1, 2 et de formation des éléments métalliques 11-14 correspondent à la réalisation d'un niveau de métallisation du circuit final. Elles peuvent être répétées plusieurs fois afin d'obtenir autant de niveaux de métallisation distincts, chaque niveau de métallisation ayant le rôle du substrat pour le niveau de métallisation suivant.

10 La figure 1-d représente le substrat 100 après que ces étapes ont été répétées une fois. Une couche 1bis est une autre couche de matériau sacrificiel, qui peut être du même matériau que la couche 1, c'est-à-dire, en silice. Elle peut être formée dans la portion P du substrat 100, ou dans une portion du substrat 100 différente de la portion P. Elle est entourée, parallèlement à la surface du

15 substrat 100, par une couche 10bis qui peut être aussi en matériau SiLK identique à celui de la couche 10. Les couches 1bis et 10bis peuvent présenter une même épaisseur selon la direction D. Une couche 2bis, en matériau perméable, recouvre les couches 1bis et 10bis, et peut être d'un matériau identique à celui de la couche 2. Des éléments métalliques 11bis, 12bis et

20 13bis peuvent être disposés dans la couche 1bis et des éléments 14bis peuvent être disposés dans la couche 2bis. Les éléments 11bis-13bis et 14bis peuvent être de même nature respectivement que les éléments 11-13 et 14, mais répartis au dessus du substrat 100 de façon indépendante de ces derniers.

25 Une troisième couche de matériau perméable 3 peut être encore formée, au dessus de l'ensemble du substrat 100. Elle peut contenir des éléments métalliques 4 et 5. Le matériau de la couche 3 peut être identique aux matériaux des couches 2 et 2bis.

On met alors le circuit en contact par sa face supérieure avec un fluide

30 contenant un agent de retrait du matériau sacrificiel des couches 1 et 1bis. Lorsque les couches 1 et 1bis sont en silice, l'agent de retrait peut avantageusement comprendre des molécules de fluorure d'hydrogène (HF)

diluées dans un fluide porteur. Le fluide peut être liquide ou gazeux et est d'abord en contact avec les couches 3 et 2bis de matériau perméable. De préférence, il présente une viscosité faible pour pénétrer facilement dans les pores des couches 2, 2bis et 3. La pénétration du fluide et de l'agent de retrait dans le matériau perméable des couches 2, 2bis et 3 peut aussi procéder par solubilité et diffusion dans le matériau perméable, notamment lorsque celui-ci n'est pas poreux. Le matériau de silice de la couche 1bis est alors progressivement dégradé ou dissout, de sorte que la cavité C1bis est formée en lieu et place du matériau de la couche 1bis (figure 1-e). Le fluide traverse alors la couche 2, puis dégrade ou dissout de la même manière le matériau de la couche 1. La cavité C1 est formée en lieu et place de la couche 1.

Lorsque la couche 10bis est elle-même en matériau perméable, l'agent de retrait peut atteindre la couche 1 avant d'avoir dégradé tout le matériau de la couche 1bis. Les couches 1 et 1bis peuvent alors être en partie dégradées simultanément.

Dans ce premier mode de mise en œuvre, les parties de matériau permanent des couches 10 et 10bis qui limitent les cavités C1 et C1bis parallèlement à la surface du substrat 100 peuvent être aussi en matériau perméable. Elles peuvent alors être constituées du même matériau que les couches 2 et 2bis. Elles participent alors à l'accès de l'agent de retrait aux couches 1 et 1bis, en particulier au niveau de leurs limites communes avec les couches 1 et 1bis.

Des résidus des matériaux des couches 1 et 1bis présents initialement à l'endroit des cavités C1 et C1bis peuvent rester dans les matériaux perméables des couches 2, 2bis et 3. Ces résidus peuvent être éliminés par un traitement spécifique. Un tel traitement peut être, par exemple, un nettoyage du circuit, et en particulier du matériau perméable des couches 2, 2bis et 3, avec un fluide contenant du dioxyde de carbone dans un état supercritique.

Les couches de premier et/ou second matériau barrière disposées sur les faces des éléments métalliques 11-14, et 11bis-14bis limitent une éventuelle diffusion des atomes de ces éléments métalliques, notamment lors du retrait du matériau des couches 1 et 1bis. Ils protègent aussi le matériau de

ces éléments métalliques contre des effets chimiques de l'agent de retrait utilisé.

Selon une autre variante de ce premier mode de mise en œuvre, le matériau des couches 1 et 1bis peut comprendre des atomes de carbone ou de germanium. Par exemple, c'est un matériau du type oxy-hydro-carbure de silicium ou un alliage de silicium et de germanium. L'agent de retrait sélectif d'un tel matériau peut alors contenir des molécules d'oxygène. Pour un matériau sacrificiel à base de carbone, on peut utiliser comme agent de retrait un plasma contenant des molécules d'oxygène (O_2) et d'hydrogène (H_2). Pour un matériau sacrificiel à base de germanium, l'agent de retrait peut être de l'oxygène gazeux, ou de l'eau, ou encore un acide dilué dans de l'eau.

Alternativement, le matériau des couches 1 et 1bis peut aussi être un polymère. Dans ce cas, l'agent de retrait peut contenir des molécules réductrices, telles que de l'azote (N_2) et de l'hydrogène, ou de l'ammoniaque (NH_3), aptes à dégrader le polymère des couches 1 et 1bis.

Le matériau perméable des couches 2, 2bis et 3 doit être choisi pour ne pas être dégradé par l'agent de retrait du matériau des couches 1 et 1bis. En fonction de ce dernier, il peut comprendre des atomes de silicium, de carbone et d'oxygène, et/ou un polymère organique, incorporés de façon à former un matériau résistant à l'agent de retrait utilisé.

A l'issue du retrait sélectif du matériau des couches 1 et 1bis, la surface supérieure du circuit est formée par la couche 3 et par les éléments métalliques 4 et 5. Cette surface est continue et plane au dessus de toute la surface du substrat 100. Elle peut par conséquent servir de support à des matériaux supplémentaires déposés sur le circuit, afin de compléter sa fabrication. La fabrication du circuit est poursuivie d'une façon connue de l'Homme du métier. La figure 1-f représente le circuit terminé. Il comprend notamment les couches 15-18, correspondant à des niveaux de métallisation supérieurs, dans lesquelles peuvent être disposés des éléments métalliques supplémentaires.

Dans le circuit ainsi fabriqué, les éléments 11-13 d'une part et les éléments 11bis-13bis d'autre part sont séparés respectivement par les cavités

C1 et C1bis, sans matériau isolant restant entre les éléments 11-13 ni entre les éléments 11bis-13bis. Les valeurs de permittivité diélectrique relative correspondant à ces cavités sont de l'ordre de 1,0, correspondant à des cavités remplies de vide ou de gaz, par exemple d'air. Il en résulte que les couplages électrostatiques entre les éléments 11, 12 et 13 sont réduits au minimum, de même que les couplages électrostatiques entre les éléments 11bis, 12bis et 13bis.

Par ailleurs, le matériau de la couche intermédiaire 2 est avantageusement choisi de façon à présenter une faible permittivité diélectrique. Les couplages électrostatiques entre les deux groupes d'éléments métalliques 11-13 et 11bis-13bis séparés par la couche 2 sont alors diminués.

Dans certains cas, le matériau de la couche intermédiaire 2 est choisi en fonction de la permittivité diélectrique du même matériau pris à l'état massif, c'est-à-dire sans porosité. Il est choisi pour que cette permittivité diélectrique à l'état massif soit faible par rapport à la permittivité diélectrique de la silice. Lorsque ce matériau est poreux dans la couche 2, sa permittivité diélectrique est alors encore réduite.

Le deuxième mode de mise en œuvre correspond au cas où la partie de matériau sacrificiel retirée de la couche d'interconnexion est limitée, selon une direction parallèle à la surface du substrat, par un masque étanche à l'agent de retrait.

Une couche d'interconnexion 1 (figure 2-a) est déposée sur la surface d'un substrat 100. La couche 1 est d'épaisseur uniforme et peut encore être en silice. De même que dans le premier mode de mise en œuvre, des éléments métalliques 11-13 sont formés dans la couche 1, qui peuvent être des lignes conductrices électriques. La couche 1 est ensuite recouverte d'une couche intermédiaire de matériau perméable 2. La couche 2 peut encore être en matériau SiLK, et peut comporter des éléments métalliques 14. Les éléments 14 sont par exemple des vias.

On forme alors, sur la couche 2, un masque M1 qui comporte une ouverture au dessus d'une portion déterminée P1 du substrat 100. Le masque M1 est étanche à l'agent de retrait du matériau de la couche 1 qui sera utilisé

dans la suite du procédé. Il est formé selon l'une des méthodes connues de l'Homme du métier, telle que, par exemple, la lithographie. L'ouverture possède des dimensions importantes par rapport au pas du motif du circuit («pitch»), si bien que l'ouverture du masque M1 peut ne pas coïncider exactement avec la
5 portion déterminée P1 du substrat 100, sans que le fonctionnement ultérieur du circuit soit altéré.

Lorsque l'ouverture du masque M1 est réalisée par photolithographie, un masque de photolithographie est utilisé pour délimiter l'ouverture du masque M1. Il n'est pas nécessaire de positionner précisément le masque de
10 photolithographie par rapport au circuit, ce qui permet un gain de temps lors de la fabrication du circuit. Par ailleurs, le masque de photolithographie ne comporte qu'une ouverture de grandes dimensions par rapport au pas du motif du circuit, si bien que le prix du masque de photolithographie est faible.

On obtient la configuration du circuit représentée à la figure 2-a. La
15 couche 1, avec les éléments métalliques 11-13, correspond encore à la couche d'interconnexion, et la couche 2 est ladite couche intermédiaire.

La couche poreuse 2 est alors mise en contact avec un agent de retrait du matériau de la couche 1. Lorsque le matériau de la couche 1 est la silice, l'agent de retrait peut contenir des molécules de fluorure d'hydrogène (HF).
20 Ces molécules sont préférentiellement contenues dans un gaz porteur dirigé sur la surface supérieure de la couche 2. Etant donné que le masque M1 est étanche à l'agent de retrait, la couche poreuse 2 n'est en contact avec l'agent de retrait qu'au niveau de la portion P1 du substrat 100. Le gaz contenant l'agent de retrait diffuse dans le matériau perméable de la couche 2, à partir de
25 l'ouverture du masque M1, sous forme d'un front progressant en direction de la couche 1. Lorsqu'il atteint la couche 1, l'agent de retrait consomme le matériau de celle-ci, et le transforme en éléments chimiques capables de rétrodiffuser au travers de la couche poreuse 2. Le matériau de la couche 1 est ainsi évacué du circuit. Une cavité C1 (figure 2-b) est formée dans la couche 1, sensiblement
30 au droit de la portion P1 du substrat 100. Du fait que le gaz porteur de l'agent de retrait diffuse aussi dans la couche poreuse 2 selon des directions parallèles à la surface du substrat 100, la cavité C1 correspond à une portion du substrat

100 un peu plus grande que la portion P1 initialement déterminée. Cet effet peut être pris en compte dans la conception et la position des éléments métalliques 11-13. Les éléments métalliques 11-14 ne sont pas altérés par l'agent de retrait.

5 Eventuellement, le masque M1 peut être retiré.

Les étapes ci-dessus de formation d'une couche de silice comportant éventuellement des éléments métalliques, de formation d'une couche poreuse pouvant aussi comporter des éléments métalliques, et de formation d'un masque ayant une ouverture, peuvent être répétées au moins une fois à partir
10 de la configuration du circuit de la figure 2-b. On obtient alors la configuration du circuit représenté à la figure 2-c. Le circuit comprend une seconde couche de matériau sacrificiel 1bis, pouvant être, mais non nécessairement, encore de la silice, et une seconde couche poreuse 2bis de même nature que la couche 2, pouvant être encore de matériau SiLK. Des éléments métalliques 11bis-
15 13bis et 14 peuvent être disposés respectivement dans les couches 1bis et 2bis.

Un masque M2 est formé sur la couche 2bis en utilisant un procédé analogue à celui utilisé pour le masque M1. Le masque M2 comporte une ouverture au droit d'une portion P2 du substrat 100, qui peut être différente de
20 ou identique à la portion P1.

Comme il a été précédemment décrit pour le retrait d'une partie de la couche 1, un agent de retrait du matériau de la couche 1bis est amené en contact avec la couche 2bis. La portion de la surface supérieure de la couche 2bis dans laquelle ce contact est produit correspond à l'ouverture du masque
25 M2. Le matériau d'une partie de la couche 1bis est éliminé, sensiblement au droit de l'ouverture du masque M2, en formant la cavité C1bis. Le circuit possède alors la configuration illustrée par la figure 2-d.

La fabrication du circuit peut ensuite être poursuivie de la même façon que pour le premier mode de mise en œuvre.

30 Les figures 3-a et 3-b illustrent un troisième mode de mise en œuvre de l'invention, qui peut être considéré comme une variante du deuxième mode de mise en œuvre. Selon ce troisième mode de mise en œuvre, la couche 1 de

matériau sacrificiel et la couche 2 de matériau perméable sont élaborées de la façon décrite ci-dessus, avec les éléments métalliques correspondants. Une seconde couche 1bis de matériau sacrificiel est formée sur la couche 2, dans laquelle peuvent être disposés les éléments métalliques 11bis-13bis, puis une

5 seconde couche 2bis de matériau perméable est formée sur la couche 1bis, avec des éléments métalliques 14bis.

Un masque M3 est alors formé au dessus de la couche 2bis. Le masque M3 comporte une ouverture exposant une partie de la couche 2bis. On obtient la structure représentée à la figure 3-a.

10 La surface supérieure de la structure est formée par le masque M3 et la surface supérieure de la couche 2bis au niveau de l'ouverture du masque M3. Elle est mise en contact avec un premier agent de retrait, capable de dégrader le matériau sacrificiel de la couche 1bis. Une partie du matériau de la couche 1bis est ainsi éliminée au travers de la couche poreuse 2bis, en

15 formant la cavité C1bis. La cavité C1bis est délimitée par l'ouverture du masque M3.

Sans déplacer le masque M3, la surface supérieure de la structure est ensuite mise en contact avec un second agent de retrait, capable de dégrader le matériau sacrificiel de la couche 1. Une partie du matériau de la couche 1

20 est éliminée à son tour, au travers de la couche poreuse 2, de la cavité C1bis et de la couche poreuse 2bis. La cavité C1 est ainsi formée, en étant délimitée par l'ouverture du masque M3 (figure 3-b).

Dans ce troisième mode de mise en œuvre, les cavités C1 et C1bis sont nécessairement superposées selon la direction D, puisqu'elles sont toutes

25 les deux délimitées par le masque M3 unique.

Les matériaux sacrificiels des couches 1 et 1bis sont préférentiellement choisis de façon à être retirés en utilisant un même agent de retrait. Ils peuvent notamment être de même nature. Les cavités C1bis puis C1 peuvent alors être formées lors d'une unique étape de mise en contact du circuit avec l'agent de

30 retrait commun aux deux couches 1 et 1bis.

Les trois modes de mise en œuvre du procédé de l'invention décrits en détail ci-dessus ne doivent pas être considérés de façon restrictive. En

- 16 -

particulier, d'autres modes de mise en œuvre de l'invention peuvent être envisagés. Notamment, on peut prévoir un empilement de couches d'interconnexion et de couches intermédiaires alternées, avec une combinaison particulière des différentes méthodes de définition des limites de la cavité formée dans chaque couche d'interconnexion de l'empilement, choisies parmi les trois méthodes décrites en détail ci-dessus.

Enfin, il est aussi entendu dans le cadre de l'invention que plusieurs cavités peuvent être prévues dans une même couche d'interconnexion. Pour cela, plusieurs parties de matériau sacrificiel de la couche d'interconnexion sont limitées, parallèlement à la surface du substrat, soit par un masque ayant plusieurs ouvertures, soit par des parties d'un matériau permanent. Les parties de matériau sacrificiel peuvent ensuite être retirées lors d'une unique étape de retrait, en mettant un matériau perméable d'une couche intermédiaire située au dessus de la couche d'interconnexion en contact avec un agent de retrait du matériau sacrificiel.

particulier, d'autres modes de mise en œuvre de l'invention peuvent être envisagés. Notamment, on peut prévoir un empilement de couches d'interconnexion et de couches intermédiaires alternées, avec une combinaison particulière des différentes méthodes de définition des limites de la cavité formée dans chaque couche d'interconnexion de l'empilement, choisies parmi les trois méthodes décrites en détail ci-dessus.

Ainsi, le circuit peut comprendre au moins une première et une seconde couches d'interconnexion séparées par une couche intermédiaire d'un matériau perméable, la première couche d'interconnexion comprenant la partie de premier matériau au dessus de la surface du substrat en dehors de ladite portion de la surface du substrat, des premiers éléments d'interconnexion situés au dessus de ladite portion de la surface du substrat, et la cavité située entre lesdits premiers éléments d'interconnexion dans ladite portion de la surface du substrat, la seconde couche d'interconnexion comprenant une partie d'un second matériau disposée au dessus de la couche intermédiaire en dehors d'une autre portion déterminée de la surface du substrat, des seconds éléments d'interconnexion situés au dessus de ladite autre portion de la surface du substrat, et au moins une autre cavité située entre lesdits seconds éléments d'interconnexion dans ladite autre portion de la surface du substrat.

Une partie au moins des faces des éléments d'interconnexion peut être recouverte d'une couche d'un matériau barrière.

Ledit premier matériau peut être, en particulier, identique au matériau perméable.

Il est aussi entendu dans le cadre de l'invention que plusieurs cavités peuvent être prévues dans une même couche d'interconnexion. Pour cela, plusieurs parties de matériau sacrificiel de la couche d'interconnexion sont limitées, parallèlement à la surface du substrat, soit par un masque ayant plusieurs ouvertures, soit par des parties d'un matériau permanent. Les parties de matériau sacrificiel peuvent ensuite être retirées lors d'une unique étape de retrait, en mettant un matériau perméable d'une couche intermédiaire située au dessus de la couche d'interconnexion en contact avec un agent de retrait du matériau sacrificiel.

Enfin, le procédé de l'invention peut comprendre les étapes suivantes :

- a) on forme la couche d'interconnexion avec le matériau sacrificiel sur la surface du substrat, au niveau de ladite portion ;
- b) on forme les éléments d'interconnexion au sein de la couche d'interconnexion ;
- c) on dépose la couche intermédiaire du matériau perméable sur la couche d'interconnexion au niveau de ladite portion de la surface du substrat et sur la surface du substrat autour de la couche d'interconnexion, en dehors de ladite portion de la surface du substrat, et
- d) on retire la totalité du matériau sacrificiel de la couche d'interconnexion au travers de la couche intermédiaire.

De plus, lors la formation des éléments d'interconnexion, on peut former une couche d'un matériau barrière recouvrant une partie au moins des faces des éléments d'interconnexion.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un circuit électronique intégré, suivant lequel on forme au moins une cavité (C1) entre des éléments d'interconnexion (11-13) au dessus d'une portion (P) déterminée seulement d'une surface d'un substrat (100), à l'intérieur d'une couche d'interconnexion comprenant un matériau sacrificiel (1) et s'étendant au dessous d'une couche intermédiaire de matériau perméable (2), et suivant lequel la cavité (C1) est formée par retrait, au travers de la couche intermédiaire, d'une partie au moins du matériau sacrificiel (1), en mettant le matériau perméable (2) en contact avec un agent de retrait du matériau sacrificiel (1), auquel le matériau perméable est résistant.
2. Procédé selon la revendication 1, comprenant les étapes suivantes :
 - a) on forme une première partie de la couche d'interconnexion avec un matériau permanent (10) en dehors de ladite portion (P) de la surface du substrat ;
 - b) on forme une seconde partie de la couche d'interconnexion avec le matériau sacrificiel (1) au niveau de ladite portion (P) de la surface du substrat ;
 - c) on forme les éléments d'interconnexion (11-13) au sein de la seconde partie de la couche d'interconnexion ;
 - d) on dépose la couche intermédiaire du matériau perméable (2) sur la couche d'interconnexion au moins au dessus de ladite portion (P) de la surface du substrat, et
 - e) on retire la totalité du matériau sacrificiel (1) de la couche d'interconnexion au travers de la couche intermédiaire.
3. Procédé selon la revendication 2, suivant lequel l'étape b) de formation de la seconde partie de la couche d'interconnexion est effectuée avant l'étape a) de formation de la première partie de la couche d'interconnexion.

4. Procédé selon la revendication 2 ou la revendication 3, suivant lequel le matériau permanent (10) est identique au matériau perméable (2).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, suivant lequel l'étape a) de formation de la première partie de la couche d'interconnexion, l'étape b) de formation de la seconde partie de la couche d'interconnexion, l'étape c) de formation des éléments d'interconnexion et l'étape d) de dépôt de la couche intermédiaire sont répétées plusieurs fois avant l'étape e) de retrait du matériau sacrificiel, de façon à former, au dessus de la surface du substrat (100), un empilement comprenant plusieurs couches d'interconnexion séparées par des couches intermédiaires de matériau perméable (2, 2bis) et comprenant des couches respectives de matériau sacrificiel (1, 1bis) au dessus de portions respectives de la surface du substrat (100), et suivant lequel, lors de l'étape e) de retrait du matériau sacrificiel, on retire le matériau sacrificiel (1, 1bis) des couches d'interconnexion en mettant le matériau perméable des couches intermédiaires en contact avec l'agent de retrait du matériau sacrificiel, de façon à former des cavités respectives (C1, C1bis) dans chacune des couches d'interconnexion.

6. Procédé selon la revendication 1, comprenant les étapes suivantes :

a) on forme la couche d'interconnexion avec le matériau sacrificiel (1) sur la surface du substrat (100), au niveau de ladite portion (P) ;

b) on forme les éléments d'interconnexion (11-13) au sein de la couche d'interconnexion ;

c) on dépose la couche intermédiaire du matériau perméable (2) sur la couche d'interconnexion au niveau de ladite portion (P) de la surface du substrat et sur la surface du substrat (100) autour de la couche d'interconnexion, en dehors de ladite portion (P) de la surface du substrat, et

d) on retire la totalité du matériau sacrificiel (1) de la couche d'interconnexion au travers de la couche intermédiaire.

7. Procédé selon la revendication 6, suivant lequel l'étape a) de formation de la couche d'interconnexion, l'étape b) de formation des éléments

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un circuit électronique intégré, suivant lequel on forme au moins une cavité (C1) entre des éléments d'interconnexion (11-13) au dessus d'une portion (P) déterminée seulement d'une surface d'un substrat (100), à l'intérieur d'une couche d'interconnexion comprenant un matériau sacrificiel (1) et s'étendant au dessous d'une couche intermédiaire de matériau perméable (2), et suivant lequel la cavité (C1) est formée par retrait, au travers de la couche intermédiaire, d'une partie au moins du matériau sacrificiel (1), en mettant le matériau perméable (2) en contact avec un agent de retrait du matériau sacrificiel (1), auquel le matériau perméable est résistant.
2. Procédé selon la revendication 1, comprenant les étapes suivantes :
 - a) on forme une première partie de la couche d'interconnexion avec un matériau permanent (10) en dehors de ladite portion (P) de la surface du substrat ;
 - 15 b) on forme une seconde partie de la couche d'interconnexion avec le matériau sacrificiel (1) au niveau de ladite portion (P) de la surface du substrat ;
 - c) on forme les éléments d'interconnexion (11-13) au sein de la seconde partie de la couche d'interconnexion ;
 - 20 d) on dépose la couche intermédiaire du matériau perméable (2) sur la couche d'interconnexion au moins au dessus de ladite portion (P) de la surface du substrat, et
 - e) on retire la totalité du matériau sacrificiel (1) de la couche d'interconnexion au travers de la couche intermédiaire.
- 25 3. Procédé selon la revendication 2, suivant lequel l'étape b) de formation de la seconde partie de la couche d'interconnexion est effectuée avant l'étape a) de formation de la première partie de la couche d'interconnexion.

d'interconnexion, et l'étape c) de dépôt de la couche intermédiaire sont répétées plusieurs fois avant l'étape d) de retrait du matériau sacrificiel, de façon à former, au dessus de la surface du substrat (100), un empilement comprenant plusieurs couches d'interconnexion séparées par des couches
5 intermédiaires de matériau perméable (2, 2bis) et entourées, parallèlement à la surface du substrat (100), de matériau perméable en dehors de portions respectives de la surface du substrat, et suivant lequel, lors de l'étape de retrait d) du matériau sacrificiel, on retire le matériau sacrificiel (1, 1bis) des couches d'interconnexion en mettant le matériau perméable des couches intermédiaires
10 en contact avec l'agent de retrait du matériau sacrificiel, de façon à former des cavités respectives (C1, C1bis) dans chacune des couches d'interconnexion.

8. Procédé selon la revendication 1, comprenant les étapes suivantes :

a) on forme la couche d'interconnexion avec le matériau sacrificiel (1) sur la surface du substrat (100), au niveau de et en dehors de ladite
15 portion (P1) ;

b) on forme les éléments d'interconnexion (11-13) au sein de la couche d'interconnexion au dessus de ladite portion (P1) de la surface du substrat ;

c) on dépose une couche intermédiaire du matériau perméable (2) sur la couche d'interconnexion, au niveau de et en dehors de ladite portion
20 (P1) de la surface du substrat ;

d) on forme un masque (M1) étanche à l'agent de retrait du matériau sacrificiel au dessus de la couche intermédiaire, le masque comportant une ouverture correspondant à ladite portion (P1) de la
25 surface du substrat, et

e) on retire sélectivement une partie du matériau sacrificiel de la couche d'interconnexion au travers de la couche intermédiaire, la partie de matériau sacrificiel sélectivement retirée étant limitée par le masque (M1) selon une direction parallèle à la surface du substrat (100).

9. Procédé selon la revendication 8, suivant lequel le masque (M1) est formé sur la couche intermédiaire de matériau perméable (2).

30

4. Procédé selon la revendication 2 ou la revendication 3, suivant lequel le matériau permanent (10) est identique au matériau perméable (2).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, suivant lequel l'étape a) de formation de la première partie de la couche d'interconnexion, l'étape b) de formation de la seconde partie de la couche d'interconnexion, l'étape c) de formation des éléments d'interconnexion et l'étape d) de dépôt de la couche intermédiaire sont répétées plusieurs fois avant l'étape e) de retrait du matériau sacrificiel, de façon à former, au dessus de la surface du substrat (100), un empilement comprenant plusieurs couches d'interconnexion séparées par des couches intermédiaires de matériau perméable (2, 2bis) et comprenant des couches respectives de matériau sacrificiel (1, 1bis) au dessus de portions respectives de la surface du substrat (100), et suivant lequel, lors de l'étape e) de retrait du matériau sacrificiel, on retire le matériau sacrificiel (1, 1bis) des couches d'interconnexion en mettant le matériau perméable des couches intermédiaires en contact avec l'agent de retrait du matériau sacrificiel, de façon à former des cavités respectives (C1, C1bis) dans chacune des couches d'interconnexion.

6. Procédé selon la revendication 1, comprenant les étapes suivantes :

- a) on forme la couche d'interconnexion avec le matériau sacrificiel (1) sur la surface du substrat (100), au niveau de ladite portion (P) ;
- b) on forme les éléments d'interconnexion (11-13) au sein de la couche d'interconnexion ;
- c) on dépose la couche intermédiaire du matériau perméable (2) sur la couche d'interconnexion au niveau de ladite portion (P) de la surface du substrat et sur la surface du substrat (100) autour de la couche d'interconnexion, en dehors de ladite portion (P) de la surface du substrat, et
- d) on retire la totalité du matériau sacrificiel (1) de la couche d'interconnexion au travers de la couche intermédiaire.

7. Procédé selon la revendication 6, suivant lequel l'étape a) de formation de la couche d'interconnexion, l'étape b) de formation des éléments

- 20 -

10. Procédé selon la revendication 8, suivant lequel l'étape a) de formation de la couche d'interconnexion, l'étape b) de formation des éléments d'interconnexion et l'étape c) de dépôt de la couche intermédiaire sont répétées plusieurs fois avant l'étape d) de formation du masque, de façon à former, au dessus de la surface du substrat (100), un empilement comprenant plusieurs couches d'interconnexion séparées par des couches intermédiaires de matériau perméable (2, 2bis), et suivant lequel, lors de l'étape e) de retrait du matériau sacrificiel, on retire sélectivement une partie du matériau sacrificiel des couches d'interconnexion en mettant, par l'ouverture du masque, le matériau perméable des couches intermédiaires en contact avec l'agent de retrait du matériau sacrificiel, de façon à former des cavités respectives (C1, C1bis) dans chacune des couches d'interconnexion.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, suivant lequel, lors la formation des éléments d'interconnexion (11-13), on forme une couche d'un matériau barrière recouvrant une partie au moins des faces des éléments d'interconnexion (111, 112).
12. Circuit électronique intégré comprenant :
- a) une couche d'interconnexion comprenant une partie d'un premier matériau (1 ; 10) recouvrant une surface d'un substrat (100) en dehors d'une portion (P) déterminée de la surface du substrat, des éléments d'interconnexion (11-13) situés au dessus de ladite portion (P) de la surface du substrat, et au moins une cavité (C1) située entre les éléments d'interconnexion dans ladite portion (P) de la surface du substrat, et
 - b) une couche intermédiaire d'un matériau perméable (2) disposée au dessus de la couche d'interconnexion.
13. Circuit selon la revendication 12, dans lequel ledit premier matériau (10) est identique au matériau perméable (2).
14. Circuit selon la revendication 12 ou la revendication 13, dans lequel une partie au moins des faces des éléments d'interconnexion (111, 112) est recouverte d'une couche d'un matériau barrière.

d'interconnexion, et l'étape c) de dépôt de la couche intermédiaire sont répétées plusieurs fois avant l'étape d) de retrait du matériau sacrificiel, de façon à former, au dessus de la surface du substrat (100), un empilement comprenant plusieurs couches d'interconnexion séparées par des couches
5 intermédiaires de matériau perméable (2, 2bis) et entourées, parallèlement à la surface du substrat (100), de matériau perméable en dehors de portions respectives de la surface du substrat, et suivant lequel, lors de l'étape de retrait d) du matériau sacrificiel, on retire le matériau sacrificiel (1, 1bis) des couches d'interconnexion en mettant le matériau perméable des couches intermédiaires
10 en contact avec l'agent de retrait du matériau sacrificiel, de façon à former des cavités respectives (C1, C1bis) dans chacune des couches d'interconnexion.

8. Procédé selon la revendication 1, comprenant les étapes suivantes :

a) on forme la couche d'interconnexion avec le matériau sacrificiel (1) sur la surface du substrat (100), au niveau de et en dehors de ladite
15 portion (P1) ;

b) on forme les éléments d'interconnexion (11-13) au sein de la couche d'interconnexion au dessus de ladite portion (P1) de la surface du substrat ;

c) on dépose une couche intermédiaire du matériau perméable (2) sur la couche d'interconnexion, au niveau de et en dehors de ladite portion
20 (P1) de la surface du substrat ;

d) on forme un masque (M1) étanche à l'agent de retrait du matériau sacrificiel au dessus de la couche intermédiaire, le masque comportant une ouverture correspondant à ladite portion (P1) de la
25 surface du substrat, et

e) on retire sélectivement une partie du matériau sacrificiel de la couche d'interconnexion au travers de la couche intermédiaire, la partie de matériau sacrificiel sélectivement retirée étant limitée par le masque (M1) selon une direction parallèle à la surface du substrat (100).

30 9. Procédé selon la revendication 8, suivant lequel le masque (M1) est formé sur la couche intermédiaire de matériau perméable (2).

- 21 -

15. Circuit selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, dans lequel les éléments d'interconnexion (11-13) sont des lignes sensiblement parallèles à la surface du substrat (100).

5 16. Circuit selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, comprenant en outre des contacts électriques selon une direction sensiblement perpendiculaire à la surface du substrat disposés au sein de la couche intermédiaire.

10 17. Circuit selon l'une quelconque des revendications 12 à 16, comprenant au moins une première et une seconde couches d'interconnexion séparées par une couche intermédiaire d'un matériau perméable (2, 2bis), la première couche d'interconnexion comprenant la partie de premier matériau (1 ; 10) au dessus de la surface du substrat (100) en dehors de ladite portion (P) de la surface du substrat, des premiers éléments (11-13) d'interconnexion situés au dessus de ladite portion (P) de la surface du substrat, et la cavité (C1) située entre lesdits premiers éléments d'interconnexion dans ladite portion (P) de la surface du substrat, la seconde couche d'interconnexion comprenant une partie d'un second matériau (1bis ; 10bis) disposée au dessus de la couche intermédiaire en dehors d'une autre portion déterminée de la surface du substrat, des seconds éléments d'interconnexion (11bis-13bis) situés au dessus de ladite autre portion de la surface du substrat, et au moins une autre cavité (C1bis) située entre lesdits seconds éléments d'interconnexion dans ladite autre portion (P) de la surface du substrat.

15

20

10. Procédé selon la revendication 8, suivant lequel l'étape a) de formation de la couche d'interconnexion, l'étape b) de formation des éléments d'interconnexion et l'étape c) de dépôt de la couche intermédiaire sont répétées plusieurs fois avant l'étape d) de formation du masque, de façon à
5 former, au dessus de la surface du substrat (100), un empilement comprenant plusieurs couches d'interconnexion séparées par des couches intermédiaires de matériau perméable (2, 2bis), et suivant lequel, lors de l'étape e) de retrait du matériau sacrificiel, on retire sélectivement une partie du matériau sacrificiel des couches d'interconnexion en mettant, par l'ouverture du masque, le
10 matériau perméable des couches intermédiaires en contact avec l'agent de retrait du matériau sacrificiel, de façon à former des cavités respectives (C1, C1bis) dans chacune des couches d'interconnexion.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, suivant lequel, lors la formation des éléments d'interconnexion (11-13), on
15 forme une couche d'un matériau barrière recouvrant une partie au moins des faces des éléments d'interconnexion (111, 112).

12. Circuit électronique intégré comprenant :

a) une couche d'interconnexion comprenant une partie d'un premier
20 matériau (1 ; 10) recouvrant une surface d'un substrat (100) en dehors d'une portion (P) déterminée de la surface du substrat, des éléments d'interconnexion (11-13) situés au dessus de ladite portion (P) de la surface du substrat, et au moins une cavité (C1) située entre les éléments d'interconnexion dans ladite portion (P) de la surface du substrat, et

25 b) une couche intermédiaire d'un matériau perméable (2) disposée au dessus de la couche d'interconnexion.

13. Circuit selon la revendication 12, dans lequel ledit premier matériau (10) est identique au matériau perméable (2).

14. Circuit selon la revendication 12 ou la revendication 13, dans lequel
30 une partie au moins des faces des éléments d'interconnexion (111, 112) est recouverte d'une couche d'un matériau barrière.

15. Circuit selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, dans lequel les éléments d'interconnexion (11-13) sont des lignes sensiblement parallèles à la surface du substrat (100).

16. Circuit selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, 5 comprenant en outre des contacts électriques selon une direction sensiblement perpendiculaire à la surface du substrat disposés au sein de la couche intermédiaire.

17. Circuit selon l'une quelconque des revendications 12 à 16, 10 comprenant au moins une première et une seconde couches d'interconnexion séparées par une couche intermédiaire d'un matériau perméable (2, 2bis), la première couche d'interconnexion comprenant la partie de premier matériau (1 ; 10) au dessus de la surface du substrat (100) en dehors de ladite portion (P) de la surface du substrat, des premiers éléments (11-13) d'interconnexion situés au dessus de ladite portion (P) de la surface du substrat, et la cavité 15 (C1) située entre lesdits premiers éléments d'interconnexion dans ladite portion (P) de la surface du substrat, la seconde couche d'interconnexion comprenant une partie d'un second matériau (1bis ; 10bis) disposée au dessus de la couche intermédiaire en dehors d'une autre portion déterminée de la surface du substrat, des seconds éléments d'interconnexion (11bis-13bis) situés au 20 dessus de ladite autre portion de la surface du substrat, et au moins une autre cavité (C1bis) située entre lesdits seconds éléments d'interconnexion dans ladite autre portion (P) de la surface du substrat.

F



2/4

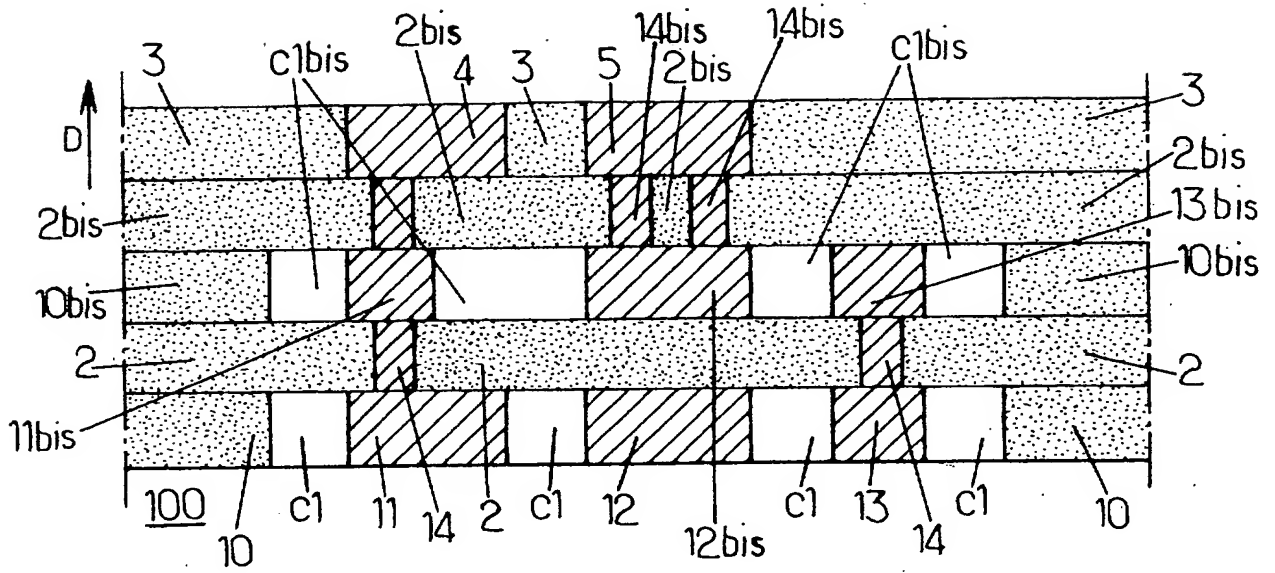
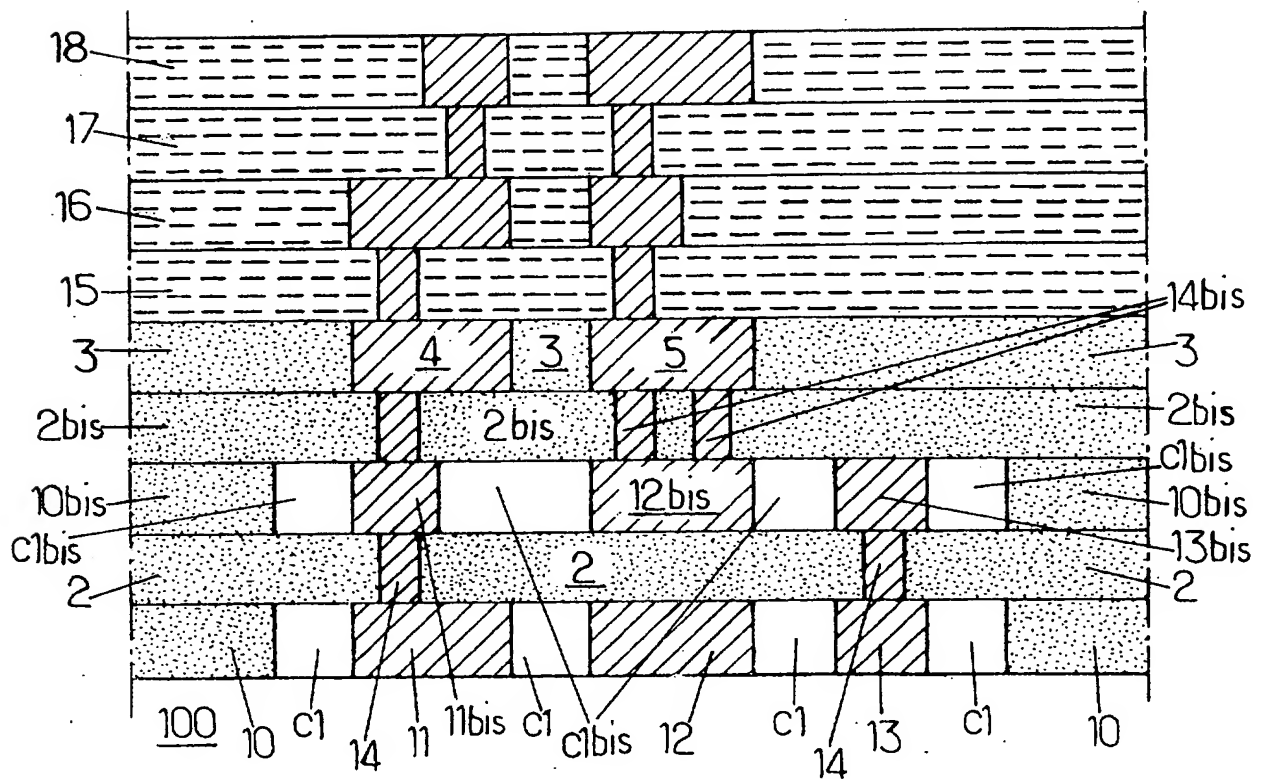


FIG. 1e.

FIG. 1f.



3/4

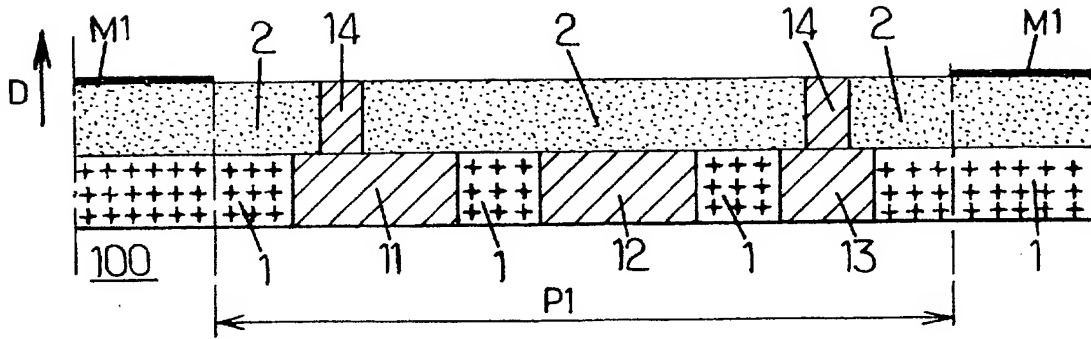


FIG. 2a.

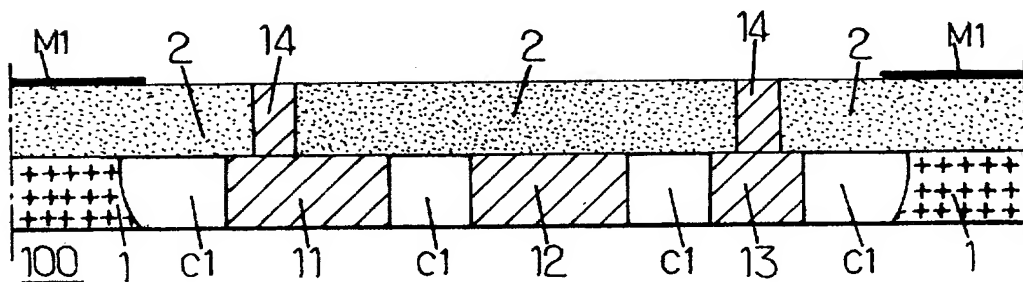


FIG. 2b.

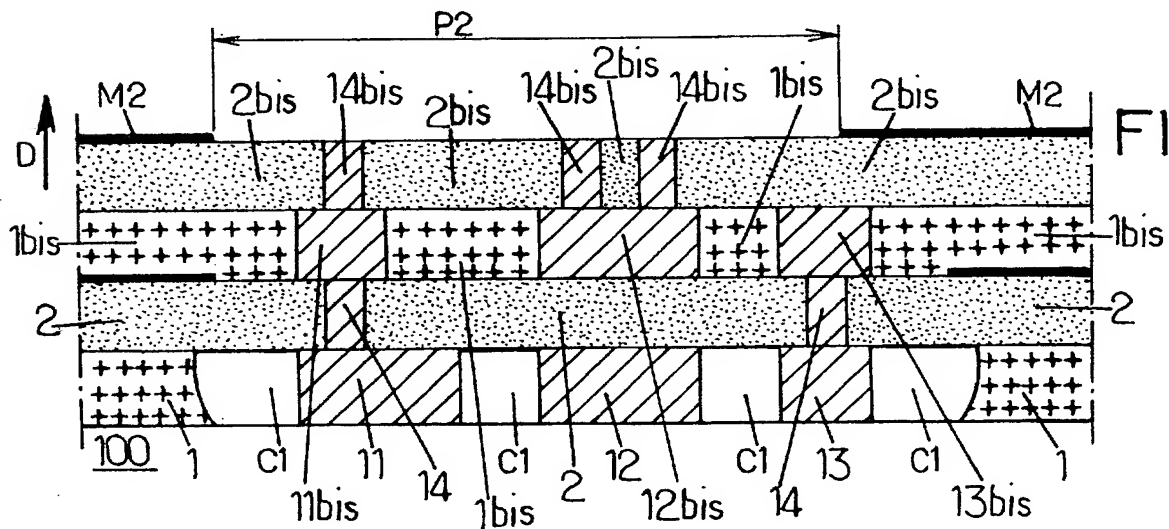


FIG. 2c.

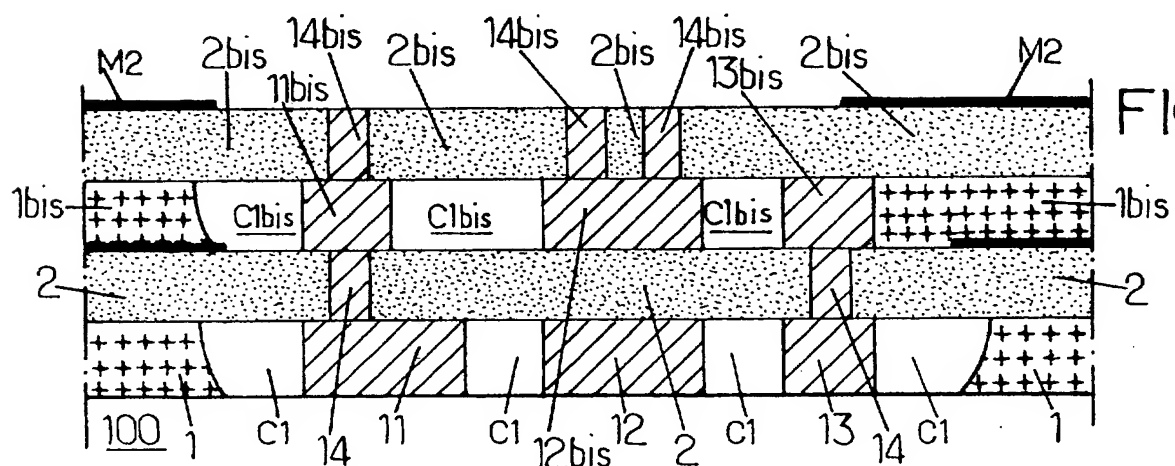


FIG. 2d.

FIG.3a.

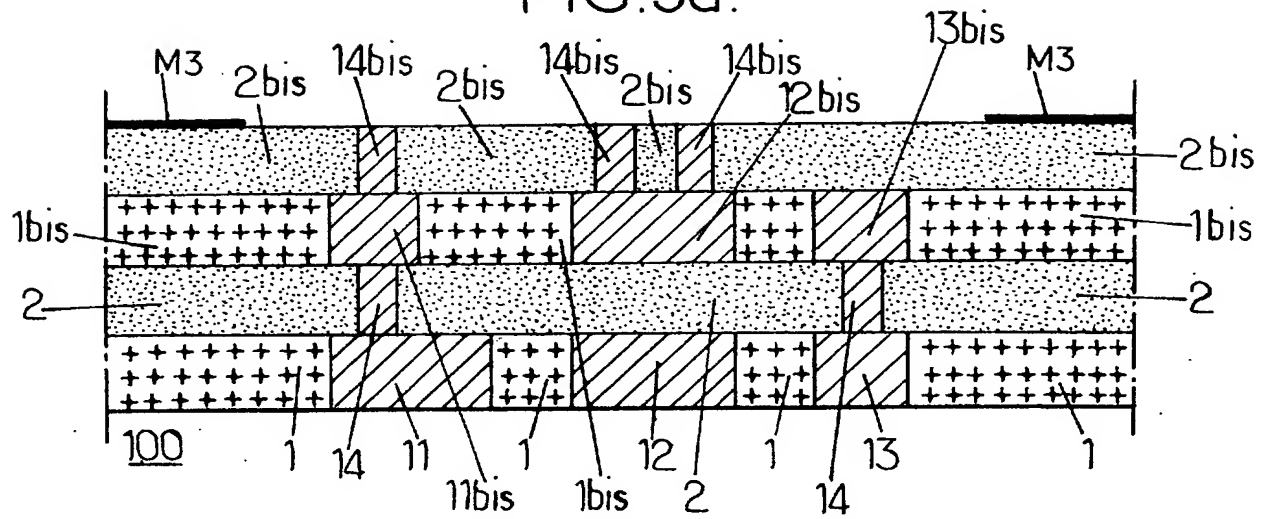
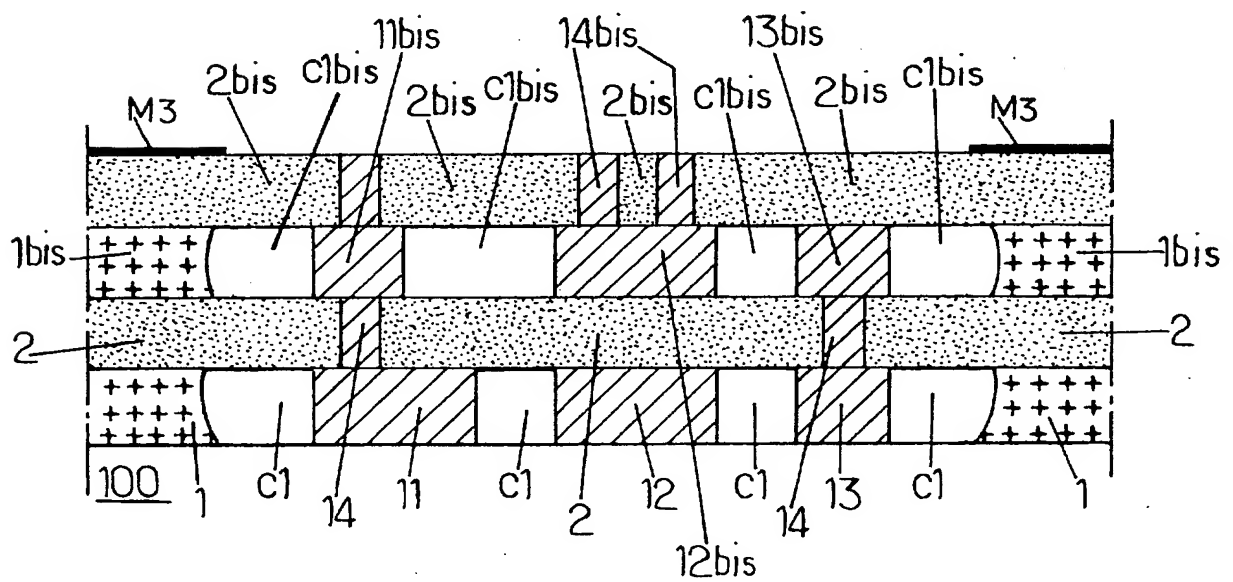


FIG.3b.



reçue le 28/03/03



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.1.1.

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)	SV/PHB/NC/BFF020400
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	030.1978
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)	

PROCEDE DE FABRICATION D'UN CIRCUIT ELECTRONIQUE INTEGRE INCORPORANT DES CAVITES

LE(S) DEMANDEUR(S) :

STMICROELECTRONICS SA
KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.

DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :

1 Nom			
Prénoms		TORRES Joaquin	
Adresse	Rue	236 Chemin Fiancey 38950 SAINT-MARTIN-LE-VINOUX FRANCE	
	Code postal et ville	[] [] [] [] []	
Société d'appartenance (facultatif)			
2 Nom			
Prénoms		ARNAL Vincent	
Adresse	Rue	8 place Jean Moulin 38000 GRENOBLE FRANCE	
	Code postal et ville	[] [] [] [] []	
Société d'appartenance (facultatif)			
3 Nom			
Prénoms		GOSSET Laurent	
Adresse	Rue	26 rue du Docteur Mazet 38000 GRENOBLE FRANCE	
	Code postal et ville	[] [] [] [] []	
Société d'appartenance (facultatif)			

S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.

DATE ET SIGNATURE(S)
DU (DES) DEMANDEUR(S)
OU DU MANDATAIRE
(Nom et qualité du signataire)

Le 18 février 2003

CABINET PLASSERAUD

Stéphane VERDURE

CPI N° 97-0901